

Содержание подвижных форм фосфора в черноземах обыкновенных Ростовской области и эффективность использования фосфора из удобрений растениями кукурузы

Носов В.В., Бирюкова О.А. и Божков Д.В.

Исследования, проведенные в двух районах Ростовской области на черноземах обыкновенных, свидетельствуют о том, что общепринятый для почвенной зоны метод для определения содержания подвижных форм фосфора адекватно характеризует условия питания растений фосфором. Согласно полученным результатам, оптимизация минерального питания кукурузы при выращивании в относительно засушливых почвенно-климатических условиях региона способствует существенному повышению ее продуктивности. При этом наблюдается высокая эффективность использования фосфора из удобрений растениями кукурузы.

Адекватная оценка обеспеченности почв доступными формами элементов питания растений имеет огромное значение для выработки наиболее оптимальной системы применения удобрений и получения максимальной экономической отдачи. В мировой практике для диагностики обеспеченности карбонатных почв, особенно содержащих более 2% CaCO_3 , подвижными формами фосфора широко используется метод Олсена (0.5 M NaHCO_3 , pH = 8.5) (Recommended chemical soil test procedure ..., 1998). В этой связи нами было проведено сравнение данного метода с методом Мачигина (1%-ый раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, pH = 9.0), общепринятого для карбонатных почв в России.

Почвы в наших исследованиях – черноземы обыкновенные со слабощелочной реакцией среды ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7.6-7.9$) и низким содержанием гумуса (3.0-3.2%). Было проанализировано 27 почвенных образцов, отобранных осенью 2012 г. с площади 39 га в фермерском хозяйстве (ИП Тюрин М.Н., глава КФХ) в Егорлыкском районе Ростовской области. Кроме того, аналогичная работа была проведена и на базе стационарного полевого опыта, который проводится на Целинском ГСУ в Целинском районе в севообороте кукуруза – соя. Опыт повторялся в пространстве и ежегодно включал два экспериментальных участка – под кукурузой и соей. В опыте сравнивались две системы применения удобрений, а именно: практика хозяйств – средние дозы минеральных удобрений, применяемые в хозяйствах района, и экологическая интенсификация. Кроме того, изучалось действие азотных удобрений при использовании данных агротехнологий. Условия проведения данного опыта были более детально описаны ранее (Носов и др., 2014). Почвенные образцы отбирались весной до внесения удобрений. Таким образом, в общей сложности за 3 года (2012-2014 гг.) с учетом 4-х повторностей было отобрано и проанализировано 96 почвенных образцов (смешанный образец с делянки при отборе из 5-ти точек).

Как видно из **рис. 1**, при использовании метода Мачигина из почвы в целом извлекается меньшее количество фосфора по сравнению с методом Олсена, но между полученными с помощью данных

экстрагентов значениями прослеживается тесная корреляционная связь. При этом результаты анализа почвенных образцов, отобранных в соседних районах области, по-видимому, можно рассматривать в рамках одной совокупности.

Использование описательного метода, заключающегося в расчете разности между двумя измерениями, средней величины и стандартного отклонения разности (Бирюкова и др., 2014), ранее позволило сделать вывод о систематическом расхождении результатов для двух методов определения содержания подвижного фосфора в почве стационарного опыта, как с вероятностью 0.95, так и 0.99. При более низком содержании фосфора в почве оба метода дают близкие значения, а при более высоком – расхождения возрастают.

Для изучения отзывчивости кукурузы на внесение в почву отдельных элементов питания в Целинском районе в типичном севообороте в течение 4-х лет были дополнительно проведены однолетние полевые опыты с кукурузой. Схема опытов включала варианты с внесением и без внесения фосфорных удобрений – N100P80K60 и N100K60 соответственно. Удобрения вносились под предпосевную культивацию. Изучались несколько повышенные дозы элементов питания, чтобы исключить их недостаток у растений. Проводилась также обработка семян сульфатом цинка.

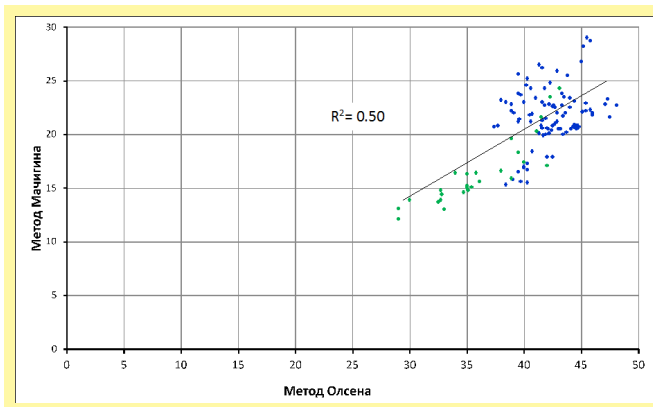


Рис. 1. Зависимость между содержанием подвижных форм фосфора, извлекаемых из почв с помощью методов Мачигина и Олсена (мг P_2O_5 /кг почвы).

Содержание подвижных форм фосфора в слое почвы 0-20 см перед закладкой опытов находилось в довольно узком диапазоне, а именно: 22.0-24.4 мг P_2O_5 /кг почвы – по методу Мачигина и 36.8-40.5 мг P_2O_5 /кг почвы – по методу Олсена. За счет применения фосфорных удобрений урожайность зерна кукурузы в среднем за годы исследований повышалась на 6% (рис. 2). Максимальная прибавка урожайности от фосфора в 13% была получена в наиболее благоприятном 2011 г., когда продуктивность культуры была максимальной.

Для однолетних опытов был рассчитан ряд показателей, используемых для оценки эффективности использования фосфора из удобрений растениями кукурузы, а также коэффициенты вариации данных показателей. Под агрономической эффективностью применения фосфорных удобрений понималась окупаемость фосфора прибавкой урожая зерна кукурузы:

$$АЭ = (У - У_0)/Д,$$

где: АЭ – агрономическая эффективность применения фосфорных удобрений (кг зерна/кг P_2O_5); У – урожайность зерна в варианте с внесением фосфорных удобрений (т/га); $У_0$ – урожайность зерна в варианте без внесения фосфорных удобрений (т/га); Д – доза фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га).

Коэффициент использования фосфора из удобрений растениями рассчитывался разностным способом по следующей формуле:

$$КИУ = ((В - В_0)/Д)100,$$

где: КИУ – коэффициент использования фосфора из удобрений растениями (%); В – вынос фосфора надземной биомассой растений в варианте с внесением фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га); $В_0$ – вынос фосфора надземной биомассой растений в варианте без внесения фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га); Д – доза фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га).

Так называемый балансовый коэффициент использования элемента питания из удобрений и почвы растениями рассчитывался по формуле, представленной ниже:

$$БКИУП = (В/Д)100,$$

где: БКИУП – балансовый коэффициент использования фосфора из удобрений и почвы растениями (%); В – вынос фосфора зерном в варианте с внесением фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га); Д – доза фосфорных удобрений (кг P_2O_5 /га).

Агрономическая эффективность (АЭ) применения фосфорных удобрений в среднем за 4 года составила 5.4 кг зерна/кг P_2O_5 (табл. 1). Это относительно высокий показатель с учетом того, что в опытах вносились повышенные дозы фосфора. Условная граница рентабельности, согласно нашим оценкам, составляет 4.4 кг зерна/кг P_2O_5 . Расчет в данном случае проводился без учета затрат на вне-

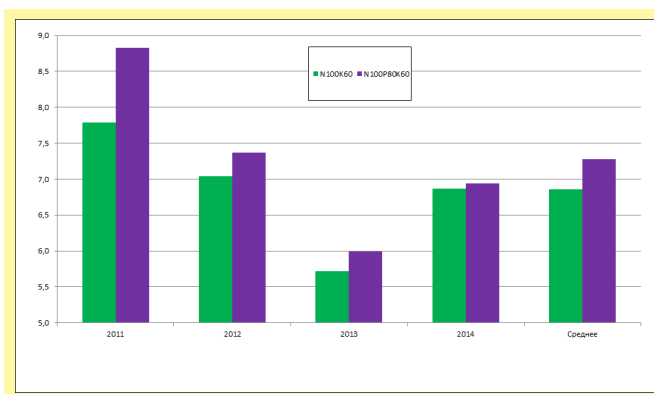


Рис. 2. Отзвчивость кукурузы на применение фосфорных удобрений в однолетних опытах (т/га).

Таблица 1. Показатели оценки эффективности использования фосфора из удобрений растениями кукурузы.

Показатель	2011	2012	2013	2014	Среднее
АЭ, кг зерна/кг P_2O_5	12.9	4.1	3.4	1.0	5.4
CV, %	23	31	84	-	
КИУ, %	103	76	56	88	81
CV, %	8	45	20	12	
БКИУП, %	112	96	71	71	88
CV, %	4	3	10	5	

сение удобрений в почву, а также уборку и доработку прибавки урожая. При оптимизации дозы фосфора (исходя из изучения отзвчивости растений на внесение возрастающих доз), безусловно, можно ожидать гораздо большую отдачу от применения фосфорных удобрений. Следует отметить, что для агрономической эффективности применения фосфорных удобрений было характерно очень сильное варьирование, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициента вариации (CV).

Как отмечается в ряде работ (Johnston с соавт., 2009; Johnston с соавт., 2014), показатель КИУ, рассчитанный с учетом прямого действия фосфора на зерновых культурах, как правило, имеет очень низкие значения. В связи с этим, эффективность использования фосфора из удобрений растениями в севообороте можно ошибочно интерпретировать, как невысокую. Исходя из последствия фосфорных удобрений, в практических целях указанными авторами предложено применять балансовый коэффициент использования фосфора из удобрений и почвы (БКИУП), который отражает использование растениями ранее накопленных почвенных запасов фосфора. Однако в наших опытах показатель КИУ имел достаточно высокие значения (81% в среднем за 4 года исследований), и был ненамного меньше БКИУП (88%). Это свидетельствует о высоком использовании фосфора из удобрений растениями кукурузы непосредственно в год внесения удобрений на черноземе обыкновенном со средней обеспеченностью подвижными формами фосфора (по Мачигину).

В заключении следует отметить, что общепринятый для карбонатных почв метод для определения содержания подвижных форм фосфора вполне адекватно характеризует условия питания растений

фосфором в изученных почвах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимизация минерального питания кукурузы при выращивании в относительно засушливых почвенно-климатических условиях региона способствует существенно повышению ее продуктивности. При этом наблюдается высокая эффективность использования фосфора из внесенных удобрений растениями кукурузы.

Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Бирюкова О.А. – доцент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета, доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: olga_alexan@mail.ru.

Божков Д.В. – аспирант кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

Литература

- Recommended chemical soil test procedure for the North Central region. North Central Regional Research Publication No. 221 (Revised). Missouri Agricultural Experiment Station SB 1001. Revised January 1998. 73 p.
- Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В. 2014. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 5-8. <http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2230>
- Бирюкова О.А., Божков Д.В. и Носов В.В. 2014. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 09 (103). IDA [article ID]: 1031409038. <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/38.pdf>
- Johnston A.E., Syers J.K. A New Approach to Assessing Phosphorus Use Efficiency in Agriculture // Better Crops with Plant Food. 2009. Vol. 93. №3. P. 14-16. www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2009-3
- Johnston J., Fixen P., Poulton P. The efficient use of phosphorus in agriculture // Better Crops with Plant Food. 2014. Vol. 98. №4. P. 22-24. www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2014-4

Поступление фосфора в поверхностный сток при весеннем снеготаянии на севере Великих равнин

Т. Дженсен, К. Тиссен, Э. Салвано, А. Калищук и Д.Н. Флатен

Недавние исследования, проведенные в штатах Альберта и Манитоба (Канада), подтвердили, что на севере Великих равнин Северной Америки поверхностный сток при снеготаянии доминирует в общем годовом стоке с сельскохозяйственных водосборов. Для данного региона характерен относительно выровненный рельеф и засушливый климат с холодной зимой и теплым летом. Методы, используемые для оценки риска попадания фосфора в поверхностные водотоки и озера, в основном были разработаны для теплых и влажных климатических условий, а также расчлененного рельефа. В таких условиях доминирует дождевой сток, и нерастворимый взвешенный фосфор, попадающий в поверхностный сток в результате эрозии почвы, служит главным источником поступления фосфора с сельскохозяйственных земель. Однако на севере Великих равнин, особенно во время весеннего снеготаяния, фосфор в поверхностном стоке в основном представлен растворенными фосфатами поверхностного слоя почвы, растительных остатков и поверхностно внесенного навоза. Методы контроля эрозии почв, помогающие снизить потери фосфора с поверхностными водами в условиях теплого и влажного климата, могут быть менее эффективными на севере Великих равнин. Недавние исследования, проведенные в регионе, также позволили предположить, что содержание подвижного фосфора в почве тесно коррелирует с общими потерями фосфора с поверхностным стоком при снеготаянии. Как было показано для севера Великих равнин, наиболее эффективное снижение и дальнейший контроль потерь фосфора с поверхностным стоком возможны тогда, когда в почве поддерживается не слишком высокое содержание подвижных форм фосфора

Перемещение элементов питания с поверхностным стоком – это естественный процесс, протекающий в природной среде. В так называемый доколониальный период на севере Великих равнин элементы питания естественным образом перемещались с поверхностным стоком с целинных степных, лесостепных и лесных территорий. В поверхностном стоке элементы питания находятся главным образом в двух формах, а именно: растворимой и нерастворимой – взвешенной форме (удерживаются поверхностями почвенных частиц). Перемещение элементов с поверхностным стоком имеет большое значение для функционирования акваэко-

систем, так как микроорганизмы, водные растения и животные именно за счет этого получают необходимые им элементы питания.

Однако в результате деятельности человека, включая сельское и лесное хозяйство, урбанизацию, промышленное производство, а также растущую рекреационную нагрузку, может повышаться поступление элементов питания с водосборов в водоемы. Усилению потерь элементов питания могут способствовать такие виды деятельности, как расчистка территорий, внесение в почву минеральных и органических удобрений, очищенных бытовых и промышленных сточных вод, а также, осадка сточ-